

CLIPPEDIMAGE= JP406310775A

PAT-NO: JP406310775A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06310775 A

TITLE: PIEZOELECTRIC TRANSFORMER

PUBN-DATE: November 4, 1994

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

UEDA, MASANORI

WAKATSUKI, NOBORU

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

FUJITSU LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP05099321

APPL-DATE: April 26, 1993

INT-CL (IPC): H01L041/107

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide a piezoelectric transformer in which a constant boost ratio can be obtained even upon fluctuation of load and high voltage can be obtained even when a heavy load is connected by regulating the impedance on the input side or output side.

CONSTITUTION: The piezoelectrtc transformer comprises a piezoelectric element 13 provided with input side electrodes 11a, 11b and output side electrodes 12a, 12b, and an output regulation element Z1 connected between the output side electrodes 12a, 12b, wherein a predetermined relationship is set between the natural resonance frequency  $f_s$  and the output side antiresonance frequency  $f_o$  of the piezoelectric element 13. The piezoelectric

transformer further  
comprises a piezoelectric element 16 provided with input  
side electrodes 14a,  
14b and output side electrodes 15a, 15b, and an input  
regulation element Z2  
connected in series between any one of the input side  
electrodes 14a, 14b and  
an external terminal T, wherein a predetermined  
relationship is set between the  
input side resonance frequency  $f_i$  and the output side  
antiresonance frequency  
 $f_o$  of the piezoelectric element 16 for the input regulation  
element Z2.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-310775

(43)公開日 平成6年(1994)11月4日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 L 41/107

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

9274-4M

H 0 1 L 41/ 08

A

審査請求 未請求 請求項の数 5 OL (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平5-99321

(22)出願日 平成5年(1993)4月26日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72)発明者 上田 政則

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72)発明者 若月 昇

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 岡本 啓三

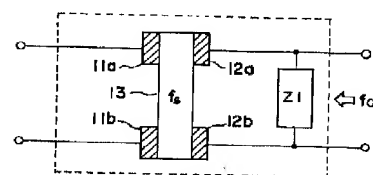
(54)【発明の名称】 圧電トランス

(57)【要約】

【目的】 本発明は圧電トランスの改善に関し、入力側又は出力側のインピーダンスを調整工夫して、負荷変動が生じた場合であっても、一定昇圧比を得ること、及び、高負荷設置時にも高電圧を得ることを目的とする。

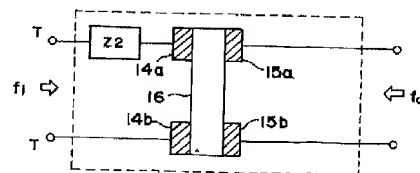
【構成】 入力側の電極11a, 11b及び出力側の電極12a, 12bが設けられた圧電素子13と、出力側の電極12a, 12bの間に接続された出力調整素子Z1とを具備し、出力調整素子Z1は、圧電素子13の固有の共振周波数 $f_s$ と圧電素子13の出力側の反共振周波数 $f_o$ とが一定関係を有して設定されることを含み構成し、入力側の電極14a, 14b及び出力側の電極15a, 15bが設けられた圧電素子16と、入力側の電極14a, 14bのいずれか一方と外部端子Tとの間に直列接続された入力調整素子Z2とを具備し、入力調整素子Z2は、圧電素子16の入力側の共振周波数 $f_i$ と圧電素子16の出力側の反共振周波数 $f_o$ とが一定関係を有して設定されることを含み構成する。

本発明に係る圧電トランスの原理図



11a, 11b: 入力側の電極  
12a, 12b: 出力側の電極  
13: 圧電素子  
Z1: 出力調整素子

(A)



14a, 14b: 入力側の電極  
15a, 15b: 出力側の電極  
16: 圧電素子  
Z2: 入力調整素子

(B)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力側の電極(11a, 11b)及び出力側の電極(12a, 12b)が設けられた圧電素子(13)と、前記出力側の電極(12a, 12b)の間に接続された出力調整用素子(Z1)とを具備し、前記出力調整用素子(Z1)は、圧電素子(13)の固有の共振周波数( $f_s$ )と前記圧電素子(13)の出力側の反共振周波数( $f_o$ )とが一定関係を有して設定されることを特徴とする圧電トランス。

【請求項2】 請求項1記載の圧電トランスにおいて、前記圧電素子(13)の固有の共振周波数( $f_s$ )と前記圧電素子(13)の出力側の反共振周波数( $f_o$ )とが一致するように出力調整用素子(Z1)を設定することを特徴とする圧電トランス。

【請求項3】 入力側の電極(14a, 14b)及び出力側の電極(15a, 15b)が設けられた圧電素子(16)と、前記入力側の電極(14a, 14b)のいずれか一方と外部端子(T)との間に直列接続された入力調整用素子(Z2)とを具備し、前記入力調整用素子(Z2)は、圧電素子(16)の入力側の共振周波数( $f_i$ )と前記圧電素子(16)の出力側の反共振周波数( $f_o$ )とが一定関係を有して設定されることを特徴とする圧電トランス。

【請求項4】 請求項3記載の圧電トランスにおいて、前記圧電素子(16)の入力側の共振周波数( $f_i$ )と前記圧電素子(16)の出力側の反共振周波数( $f_o$ )とが一致しないように入力調整用素子(Z2)を設定することを特徴とする圧電トランス。

【請求項5】 請求項1～4記載の圧電トランスにおいて、前記出力調整用素子(Z1)や入力調整用素子(Z2)が、誘導性又は容量性の負荷素子から成ることを特徴とする圧電トランス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【目次】

産業上の利用分野

従来の技術(図6)

発明が解決しようとする課題(図7)

課題を解決するための手段(図1)

作用

実施例

(1)第1の実施例の説明(図2)

(2)第2の実施例の説明(図3, 4)

(3)第3の実施例の説明(図5)

発明の効果

## 【0002】

【産業上の利用分野】本発明は、圧電トランスに関するものであり、更に詳しく言えば、電気エネルギーを機械振動に変換し、それを再び電気エネルギーに変換する圧電変成素子の改善に関するものである。C. A. ROS

EN(シー・エー・ローセン、文献:Proc. Ele. Component Symp., p205〔1957〕)がセラミックを使用した高圧発生用圧電トランスを提案してから多くの実用化研究がなされている。

【0003】ところで、圧電トランスは電磁トランスと異なり、電磁ノイズを発生せず、また、高周波駆動時に、電磁トランスのような磁性体材料の損失やコイルの電気的損失等を伴わない。このため、圧電トランスは高周波化が容易なデバイスであり、電源回路の構成時には、フィルタ回路等の大幅な削減を行うことができる。しかし、圧電トランスの昇圧比と負荷との関係や負荷と入力インピーダンスとの関係が一義的に決定される。このため、圧電トランスに高負荷を接続する要求があった場合に、負荷変動により昇圧比が大幅に変化をしたり、また、高電圧を得ようとする場合に、その駆動制御がしづらい。

【0004】そこで、入力側又は出力側のインピーダンスを調整工夫して、負荷変動が生じた場合であっても、一定昇圧比を得ること、及び、高負荷設置時にも高電圧を得ることができる圧電変成素子が望まれている。

## 【0005】

【従来の技術】図6, 7は、従来例に係る説明図であり、図6は従来例に係る圧電トランスの説明図である。また、図7は、その問題点を説明する圧電トランスの周波数特性図を示している。例えば、幅すべり振動を使用した圧電トランスは、図6(A)において、入力側の電極1a, 1b, 出力側の電極2a, 2b及び圧電板3から成る。電極1a, 1bは圧電板3の一方の端の表裏に設けられ、電極2a, 2bは圧電板3の他方の端の表裏に設けられる。また、一般に圧電板3の入力側の電極1a, 1bや出力側の電極2a, 2bから見た電気的な等価回路は、図6(B)において、一次側の変成コイルM1, 二次側の変成コイルM2, コイルL1, 抵抗r, コンデンサC0及び端子間容量Cdにより置き換えられる。

【0006】当該圧電トランスの機能は、例えば、電極2a, 2bに負荷抵抗RLを接続し、電極1a, 1bに高周波の電源電圧を印加すると、その電気エネルギーが機械振動に変換され、それが再び電気エネルギーに変換され、昇圧比nの高周波の電源電圧が負荷抵抗RLに供給される。ここで、圧電トランスの共振抵抗Ro, 昇圧比nと負荷抵抗RLとの関係は、図6(C), (D)に示すような関係特性を有している。なお、負荷抵抗RLと最大共振抵抗R1との関係において、負荷抵抗RLがRL>R1の条件では、負荷の増加に伴い昇圧傾向を示す。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、従来例によれば、圧電トランスの昇圧比nと負荷抵抗RLとの関係や負荷抵抗RLと共振抵抗Roとの関係が一義的に決定

される。このため、次のような問題を生ずる。

① 負荷変動により、昇圧比 $n$ が大幅に変化をし、一定電圧を得ることが困難となる。従って、負荷抵抗 $R_L$ が小さい場合( $R_L < R_1$ )には、図6(D)において、負荷抵抗 $R_L$ に対して昇圧比が一定になり、図6(B)に示すように負荷抵抗 $R_L$ に電流 $i_L$ が実線の如く流れ、圧電トランスの固有の共振周波数 $f_s$ は $1/2\pi\sqrt{L_1 \cdot C_0}$ となる。

【0008】また、逆に負荷抵抗 $R_L$ が大きくなる( $R_L > R_1$ )と、出力側の端子間容量 $C_d$ に電流 $i_c$ が流れ出す。ここで、負荷抵抗 $R_L$ を開放した場合の端子電圧は、 $Q \cdot C_0 / (C_0 + C_d)$ となる。但し、 $Q$ は圧電トランスの尖鋭度である。また、圧電トランスの固有の共振周波数 $f_s$ は $1/[2\pi\sqrt{L_1 \cdot C}]$ となる。なお、 $C = C_0 \cdot C_d / (C_0 + C_d)$ である。

【0009】このことから、負荷が変動した場合に、圧電トランスの固有の共振周波数 $f_s$ が端子間容量 $C_d$ により変化するため、一定電圧を得ることが困難となる。

② また、高負荷設置時に、高電圧を得ようとすると、圧電トランスの入力インピーダンスが小さいため、その駆動制御がしづらい。これは、図7に示した高負荷設置時の圧電トランスの周波数特性において、最大昇圧比を与える駆動ポイントは、圧電トランスの出力インピーダンス特性 $Z_{out}$ の最大値 $Z_a$ を与える周波数 $f_r$ と、その入力インピーダンス特性 $Z_{in}$ の最小値 $Z_r$ (共振抵抗 $R_o$ )を与える周波数 $f_r$ とが一致する点である。

【0010】例えば、負荷開放( $R_L = \infty$ )のような場合に、高電圧を発生するが、共振時の入力インピーダンスが図7に示したように、最小値 $Z_r$ を与えるため、圧電トランスの駆動制御が容易ではない。この場合に、共振時の入力インピーダンス $Z_r$ はトランスの内部抵抗(損失) $r$ と等しく、共振時の出力インピーダンスを $Z_a$ とすると、昇圧比は $\sqrt{Z_a/Z_r}$ となる。

【0011】かかる場合に、圧電トランスの共振点近傍の誘導性もしくは容量性の周波数領域で、その駆動制御をする方法も考えられるが、入力インピーダンスを上げると、昇圧比 $n$ が下がってしまう。この現象は、尖鋭度 $Q$ の高い圧電トランスほど、顕著に現れる。本発明は、かかる従来例の問題点に鑑み創作されたものであり、入力側又は出力側のインピーダンスを調整工夫して、負荷変動が生じた場合であっても、一定昇圧比を得ること、及び、高負荷設置時にも高電圧を得ることが可能となる圧電トランスの提供を目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】図1(A)、(B)は、本発明に係る圧電トランスの原理図をそれぞれ示している。本発明の第1の圧電トランスは図1(A)に示すように、入力側の電極11a、11b及び出力側の電極12a、12bが設けられた圧電素子13と、前記出力側の電極12a、12bの間に接続された出力調整用素子Z1とを具備

し、前記出力調整用素子Z1は、圧電素子13の固有の共振周波数 $f_s$ と前記圧電素子13の出力側の反共振周波数 $f_o$ とが一定関係を有して設定されることを特徴とする。

【0013】なお、本発明の第1の圧電トランスにおいて、前記圧電素子13の固有の共振周波数 $f_s$ と前記圧電素子13の出力側の反共振周波数 $f_o$ とが一致するように出力調整用素子Z1を設定することを特徴とする。

また、本発明の第2の圧電トランスは、図1(B)に示すように、入力側の電極14a、14b及び出力側の電極15a、15bが設けられた圧電素子16と、前記入力側の電極14a、14bのいずれか一方と外部端子Tとの間に直列接続された入力調整用素子Z2とを具備し、前記入力調整用素子Z2は、圧電素子16の入力側の共振周波数 $f_i$ と前記圧電素子16の出力側の反共振周波数 $f_o$ とが一定関係を有して設定されることを特徴とする。

【0014】なお、本発明の第2の圧電トランスにおいて、前記圧電素子16の入力側の共振周波数 $f_i$ と前記圧電素子16の出力側の反共振周波数 $f_o$ とが一致しないように入力調整用素子Z2を設定することを特徴とする。また、本発明の第1、第2の圧電トランスにおいて、前記出力調整用素子Z1や入力調整用素子Z2が、誘導性又は容量性の負荷素子から成ることを特徴とし、上記目的を達成する。

【0015】

【作 用】本発明の第1の圧電トランスによれば、図1(A)に示すように出力側の電極12a、12b間に出力調整用素子Z1が接続され、また、その設定条件は、圧電素子13の固有の共振周波数 $f_s$ と、その出力側の反共振周波数 $f_o$ とを一定関係、例えば、圧電素子13の固有の共振周波数 $f_s$ と、その出力側の反共振周波数 $f_o$ とが一致するように出力調整用素子Z1を設定する。

【0016】このため、圧電素子13が最大共振抵抗 $R_1$ を与える負荷よりも大きい負荷を出力側の電極12a、12bに接続した場合であって、その負荷が変動した場合にも、圧電素子13の固有の共振周波数 $f_s$ と、出力側の端子間容量 $C_d$ 及び出力調整用素子Z1(誘導性の負荷素子)により構成される並列共振回路とで、反共振現象を起こし、該回路に共振電流が流れる。

【0017】これにより、高負荷設置時の昇圧比 $n$ を一定にすることができる。このことから、出力側の電極12a、12bから一定電圧を得ることが可能となる。また、本発明の第2の圧電トランスによれば、図1(B)に示すように、入力側の電極14a、14bのいずれか一方と外部端子Tとの間に入力調整用素子Z2が直列接続され、また、その設定条件は圧電素子16の入力側の共振周波数 $f_i$ と、その出力側の反共振周波数 $f_o$ とが一定関係、例えば、圧電素子16の入力側の共振周波数 $f_i$ 、その出力側の反共振周波数 $f_o$ とが一致しないように入力調整用素子Z2を設定する。

【0018】このため、第1の圧電トランスと同様に高負荷を電極14a, 14bに接続した場合であっても、容量性の負荷素子又は誘導性の負荷素子から成る入力調整素子Z2及び入力側の端子間容量Cdを含む入力側の共振周波数fiと、その出力側の反共振周波数foとが異なった値となる。なお、出力側から見た反共振周波数foの条件式は、 $1/Z3 + j\omega L1 - j\{1/(\omega C0)\} + (j\omega Cd) = 0$ により与えられる。但し、 $1/Z3 = j\omega Cd + (1/Z2)$ である。従って、 $1/Z2$ が誘導性を示す周波数領域と容量性を示す周波数領域を使用することで、入力インピーダンス特性を高められる。

【0019】すなわち、高負荷設置時の圧電トランスの周波数特性において、圧電素子16の出力インピーダンスの最大値を与える反共振周波数foに対して、その入力インピーダンスの最小値を与える共振周波数fiを、誘導性を示す周波数領域又は容量性を示す周波数領域のいずれか一方にずらすことができ、その最大昇圧比を与える駆動ポイントを従来例に比べて改善することが可能となる。

【0020】これにより、入力インピーダンスを高めることができ、高負荷設置時の昇圧比nを大きくすることができる。このことで、高負荷設置時においても、出力側の電極15a, 15bから高電圧を得ることが可能となり、当該圧電トランスの駆動制御を容易ならしめる。

【0021】

【実施例】次に、図を参照しながら本発明の実施例について説明をする。図2～5は、本発明の実施例に係る圧電トランスを説明する図である。

(1) 第1の実施例の説明

図2は、本発明の第1の実施例に係る圧電トランスの説明図である。図2(A)は、その構成図であり、図2(B)は、その等価回路図である。また、図2(C)は、その負荷抵抗対昇圧比との関係特性図をそれぞれ示している。

【0022】例えば、幅すべり振動を使用した圧電トランスは、図2(A)において、入力電極21a, 21b, 出力電極22a, 22b, 圧電板23及び補償コイルL2から成る。すなわち、入力電極21a, 21bは入力側の電極11a, 11bの一例であり、圧電板23の一端の表裏に圧設される。入力電極21aは端子T11に接続され、入力電極21bは端子T12にそれぞれ接続される。また、出力電極22a, 22bは出力側の電極12a, 12bの一例であり、圧電板23の他端の表裏に圧設される。出力電極22aは端子T13に接続され、出力電極22bは端子T14にそれぞれ接続される。

【0023】圧電板23は圧電素子13の一例であり、例えば、変換電力10[W]級で、厚み=0.2～0.5[mm]程度、縦×横=8×16[mm<sup>2</sup>]の大きさの圧電結晶板又は圧電セラミックから成る。圧電板23に

はLiNbO<sub>3</sub>(リチウムナイオベート)結晶のXカット板やPZT結晶を用い、幅すべり振動を応用する。また、圧電板23の固有の共振周波数fsは、一次電源の使用周波数にもよるが、本発明の実施例では、例えば、5～6[MHz]程度である。

【0024】補償コイルL2は出力調整素子Z1の一例であり、出力電極22a, 22bの間に接続される。補償コイルL2は、圧電板23の固有の共振周波数fsと圧電板23の反共振周波数foとが一定関係を有するように設定する。例えば、圧電板23の固有の共振周波数fsと圧電板23の反共振周波数foとが一致するように補償コイルL2を設定する。実際には、一次電源の使用周波数にもよるが、数[μH]程度の補償コイルL2を端子T13, T14間に接続し、かつ、該コイルL2に並列に可変型コンデンサを接続し、該コンデンサを調整して反共振周波数foを一致させる。また、補償コイルL2にフェライトコア付きコイルを用い、該コアを調整して反共振周波数foを一致させてもよい。

【0025】なお、当該圧電トランスの端子T11, T12やT13, T14から見た電気的な等価回路は、図2(B)において、一次側の変成コイルM1、二次側の変成コイルM2、コイルL1、抵抗r、コンデンサC0、端子間容量Cd及び補償コイルL2により置き換えられる。すなわち、入力側の端子間容量Cdは変成コイルM1の一次側に並列に接続され、出力側の端子間容量Cdが変成コイルM2の二次側に並列に接続される。また、コイルL1、抵抗r及びコンデンサC0から成る直列共振回路が変成コイルM1の二次側と変成コイルM2の一次側との間に接続される。ここで、補償コイルL2が端子間容量Cdと並列に接続されることから、出力側で並列共振回路が構成される。その反共振周波数foは $1/[2\pi\sqrt{(L2 \cdot Cd)}]$ となる。但し、Cdは端子間容量の値[F]であり、L2は補償コイルの値[H]である。

【0026】このようにして、本発明の第1の実施例に係る圧電トランスによれば、図2(A)～(C)に示すように、出力電極22a, 22b間に補償コイルL2が接続され、また、その設定条件として、圧電板23の固有の共振周波数fsと、その出力側の反共振周波数foとが一致するように補償コイルL2を設定している。例えば、補償コイルL2を調整し、 $f_o = f_s = 1/[2\pi\sqrt{(L2 \cdot Cd)}]$ とする。このため、従来例のように圧電板23が最大共振抵抗R1を与える負荷よりも大きい負荷を出力電極22a, 22bに接続した場合であって、その負荷が変動した場合にも、圧電板23の固有の共振周波数fsと、端子間容量Cd及び補償コイルL2により構成される並列共振回路とで、反共振現象を起こし、該回路に共振電流が流れる。

【0027】これにより、図2(C)の昇圧比n対負荷抵抗RLの関係特性図に示すように、低負荷、高負荷の両設置時について、昇圧比nを一定にすることができ

る。このことで、高負荷設置時においても、出力電極22a, 22bから一定電圧を得ることが可能となる。

## (2) 第2の実施例の説明

図3, 4は、本発明の第2の実施例に係る圧電トランスの説明図(その1, 2)である。また、図3(A)は、その構成図であり、図3(B)は、その等価回路図である。さらに、図4(A)はそのインピーダンス対周波数の関係特性図であり、図4(B)は出力電圧対周波数の関係特性図をそれぞれ示している。

【0028】本発明の第2の実施例では、第1の実施例と異なり入力側に補償コンデンサC1が接続される。すなわち、本発明の第2の圧電トランスは、図3(A)において、入力電極24a, 24b, 出力電極25a, 25b, 圧電板26及び補償コンデンサC1から成る。入力電極24a, 24bは入力側の電極14a, 14bの一例であり、圧電板26の一端の表裏に圧設される。入力電極24aは補償コンデンサC1の一端に接続され、入力電極24bは端子T22に接続される。また、出力電極25a, 25bは出力側の電極15a, 15bの一例であり、圧電板26の他端の表裏に圧設される。出力電極25aは端子T23に接続され、出力電極25bは端子T24にそれぞれ接続される。

【0029】圧電板26は圧電素子16の一例であり、第1の実施例と同様に、圧電結晶板又は圧電セラミックから成る。また、圧電板26の固有の共振周波数 $f_s$ は、第1の実施例と同様に、5~6〔MHz〕程度である。補償コンデンサC1は入力調整用素子Z2の一例であり、入力電極24aと端子T21との間に接続される。具体的には、一次電源の使用周波数にもよるが、補償コンデンサC1として数〔pF〕程度の可変型コンデンサを接続し、該コンデンサを調整して共振周波数 $f_i$ を出力側の共振周波数 $f_o$ と一致させないようにする。

【0030】なお、当該圧電トランスの端子T21, T22やT23, T24から見た電気的な等価回路は、図3(B)において、補償コンデンサC1, 一次側の変成コイルM1, 二次側の変成コイルM2, コイルL1, 抵抗r, コンデンサC0及び端子間容量Cdにより置き換えられる。すなわち、変成コイルM1の一次側に並列に接続された端子間容量Cdの一端に補償コンデンサC1が接続され、該コイルM1, 容量Cd, コンデンサC1により、直・並列共振回路を構成する。

【0031】また、図4(A)は高負荷設置時の圧電トランスの周波数-インピーダンス特性図であり、横軸に周波数 $f$ , 縦軸に入力, 出力インピーダンス $Z$ をそれぞれ示している。図4(A)において、実線は圧電トランスの入力インピーダンス特性 $Z_{in}$ であり、破線はその出力インピーダンス特性 $Z_{out}$ である。インピーダンス $Z_{r1}$ は最大昇圧比を与える駆動ポイントであり、出力インピーダンス特性 $Z_{out}$ の最大値 $Z_a$ を与える周波数 $f_o$ と、その入力インピーダンス特性 $Z_{in}$ とが交わる点の入力インピーダンスである。ここで、圧電板26の入力

側から見た共振周波数 $f_i$ は $f_i = (1/2\pi) \cdot \sqrt{(1/L1) \cdot [(1/Cd) + (1/C)]}$ である。但し、 $1/C = (1/C0) + (1/C1) + (1/Cd)$ であり、Cdは端子間容量の値であり、C1は補償コンデンサの値である。

【0032】また、圧電板26の出力側から見た共振周波数 $f_o$ は $f_o = (1/2\pi) \cdot \sqrt{(1/L1) \cdot [(1/Cd) + (1/C)]}$ である。但し、 $1/C = (1/C0) + 1/(C1 + Cd)$ である。なお、従来例と異なり、出力インピーダンス特性 $Z_{out}$ の最大値 $Z_a$ を与える周波数 $f_o$ と、入力インピーダンス特性の最小値 $Z_r$ (共振抵抗 $R_o$ )を与える周波数 $f_i$ とが容量性の周波数領域にずれていることを特徴とする。

【0033】さらに、図4(B)は高負荷設置時の圧電トランスの周波数-電圧特性図であり、横軸に周波数 $f$ , 縦軸に端子電圧 $v$ をそれぞれ示している。図4(B)において、その周波数-電圧特性は正規分布を示し、周波数 $f_o$ , インピーダンス $Z_{r1}$ の駆動ポイントで最大昇圧比を与える。なお、その他の構成、機能は第1の実施例と同様であるため、その説明を省略する。

【0034】このようにして、本発明の第2の実施例に係る圧電トランスによれば、図3, 4に示すように、入力電極24a, 24bのいずれか一方と外部端子Tとの間に補償コンデンサC1が直列接続され、また、その設定条件は圧電板26の入力共振周波数 $f_i$ と、その出力反共振周波数 $f_o$ とが一致しないように補償コンデンサC1を設定する。

【0035】このため、出力電極24a, 24bに高い負荷を接続した場合であっても、補償コンデンサC1及び端子間容量Cdを含む共振周波数 $f_i$ と、その出力側の反共振周波数 $f_o$ とが異なった値を採ることになる。すなわち、図4(A)に示した高負荷設置時の圧電トランスの周波数特性において、圧電板26の出力インピーダンスの最大値 $Z_a$ を与える反共振周波数 $f_o$ と、その入力インピーダンス(共振抵抗 $R_o$ )の最小値 $Z_r$ を与える共振周波数 $f_i$ とを容量性の周波数領域にずらすことができ、その最大昇圧比を与える駆動ポイントを改善することが可能となる。

【0036】このことで、入力インピーダンスを高めることができ、高負荷設置時の昇圧比 $n$ を大きくすることができる。すなわち、入力インピーダンス $= Z_{r1}$ の駆動ポイントで高電圧を発生することができ、出力電極25a, 25bから高電圧が得られる。

## (3) 第3の実施例の説明

図5は、本発明の第3の実施例に係る圧電トランスの説明図である。また、図5(A)は、その構成図であり、図5(B)は、その等価回路図であり、図5(2)はそのインピーダンス対周波数の関係特性図をそれぞれ示している。

【0037】本発明の第3の実施例では、第2の実施例



と異なり補償コンデンサC1に代えて補償コイルL3が接続される。すなわち、本発明の第3の圧電トランスは、図5(A)において、入力電極31a, 31b, 出力電極32a, 32b, 圧電板36及び補償コイルL3から成る。入力電極31a, 31bは入力側の電極14a, 14bの一例であり、圧電板36の一端の表裏に圧設される。入力電極31aは補償コイルL3の一端に接続され、入力電極31bは端子T32に接続される。また、出力電極32a, 32bは出力側の電極15a, 15bの一例であり、圧電板36の他端の表裏に圧設される。出力電極32aは端子T23に接続され、出力電極32bは端子T31にそれぞれ接続される。

【0038】圧電板36は圧電素子16の一例であり、第1, 第2の実施例と同様に、圧電結晶板又は圧電セラミックから成る。また、圧電板36の固有の共振周波数f<sub>s</sub>は、第1, 第2の実施例と同様に、5~6〔MHz〕程度である。補償コイルL3は入力調整用素子Z<sub>2</sub>の他の一例であり、入力電極31aと端子T31との間に接続される。具体的には、一次電源の使用周波数にもよるが、数〔μH〕程度の補償コイルL3を端子T31と入力電極31aとの間に接続し、かつ、該コイルL3に並列に可変型コンデンサを接続し、該コンデンサを調整して共振周波数f<sub>i</sub>を調整する。また、補償コイルL3にフェライトコア付きコイルを用い、該コアを調整して反共振周波数f<sub>i</sub>をずらしてもよい。これにより、入力側の共振周波数f<sub>i</sub>と出力側の共振周波数f<sub>o</sub>とを一致させないようにする。

【0039】なお、当該圧電トランスの端子T31, T22やT23, T31から見た電気的な等価回路は、図5(B)において、補償コイルL3, 一次側の変成コイルM1, 二次側の変成コイルM2, コイルL1, 抵抗r, コンデンサC0及び端子間容量Cdにより置き換えられる。すなわち、変成コイルM1の一次側に並列に接続された端子間容量Cdの一端に補償コイルL3が接続され、該コイルM1, 容量Cd, コイルL3により、直・並列共振回路を構成する。なお、 $1/Z_3 = j\omega Cd - j(1/\omega L_3)$ とする。

【0040】また、図5(C)はZ<sub>3</sub>が誘導性を示すような場合であって、 $Z_3 < j\omega L$ の時の高負荷設置時の圧電トランスの周波数-インピーダンス特性図であり、横軸に周波数f, 縦軸に入力, 出力インピーダンスZをそれぞれ示している。図5(C)において、実線は圧電トランスの入力インピーダンス特性Z<sub>in</sub>であり、破線はその出力インピーダンス特性Z<sub>out</sub>である。

【0041】インピーダンスZ<sub>r</sub>2は最大昇圧比を与える駆動ポイントであり、出力インピーダンス特性Z<sub>out</sub>の最大値Z<sub>a</sub>を与える周波数f<sub>o</sub>と、その入力インピーダンス特性Z<sub>in</sub>とが交わる点の入力インピーダンスである。ここで、圧電板36の入力側から見た共振周波数f<sub>i</sub>は、

$$f_i = 1/2\pi\sqrt{(L_3+L_1)\cdot C_0}$$

となる。L<sub>3</sub>は補償コイルの値〔H〕であり、L<sub>1</sub>は圧電板36の等価コイルの値〔H〕であり、C<sub>0</sub>はその等価容量の値〔F〕である。なお、出力側から見た反共振周波数f<sub>o</sub>の条件式において、 $Z_3 = \omega L_4$ とした場合、その反共振周波数f<sub>o</sub>の式は、 $f_o = 1/2\pi\sqrt{(1/(L_1+L_2))\cdot\sqrt{(1/(Cd)+1/(C_o))}}$ となる。

【0042】また、第1の実施例と異なり、出力インピーダンス特性Z<sub>out</sub>の最大値Z<sub>a</sub>を与える周波数f<sub>o</sub>と、入力インピーダンス特性の最小値Z<sub>r</sub>(共振抵抗R<sub>o</sub>)を与える周波数f<sub>i</sub>とが誘導性の周波数領域にずれていることを特徴とする。その他の構成、機能は第1, 第2の実施例と同様であるため、その説明を省略する。このようにして、本発明の第3の実施例に係る圧電トランスによれば、図5に示すように、入力電極31aと端子T31との間に補償コイルL3が直列接続され、また、その設定条件として、圧電板36の共振周波数f<sub>i</sub>と、その出力側の反共振周波数f<sub>o</sub>とが一致しないように補償コイルL3を設定する。

【0043】このため、高負荷を出力電極31a, 31bに接続した場合であっても、補償コイルL3及び端子間容量Cdを含む共振周波数f<sub>i</sub>と、その出力側の反共振周波数f<sub>o</sub>とが異なった値を採ることになる。すなわち、図5(B)に示した高負荷設置時の圧電トランスの周波数特性において、圧電板36の出力インピーダンスの最大値Z<sub>a</sub>を与える反共振周波数f<sub>o</sub>と、その入力インピーダンス(共振抵抗R<sub>o</sub>)の最小値Z<sub>r</sub>を与える共振周波数f<sub>i</sub>とを容量性の周波数領域にずらすことができ、その最大昇圧比を与える駆動ポイントを改善することが可能となる。また、 $Z_3 > j\omega L_1$ の場合には、f<sub>o</sub>を誘導性の領域にずらすことができる。

【0044】このことで、第2の実施例と同様に入力インピーダンスを高めることができ、高負荷設置時の昇圧比nを大きくすることができる。すなわち、入力インピーダンス=Z<sub>r</sub>2の駆動ポイントで高電圧を発生することができ、出力電極32a, 32bから高電圧を得ることが可能となる。

【0045】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の第1の圧電トランスによれば、出力側の電極、間に出力調整用素子が接続され、また、その設定条件は、圧電素子の固有の共振周波数と、その出力側の反共振周波数とが一致するように出力調整用素子を設定する。

【0046】このため、高負荷設置時であって、その負荷が変動した場合にも、出力インピーダンスを一定にすることができ、当該圧電トランスの昇圧比を一定にすることができる。このことから、出力側の電極から安定化した定電圧が得られる。また、本発明の第2の圧電トランスによれば、入力側の電極のいずれか一方と外部端子



11

との間に入力調整用素子が直列接続され、また、その設定条件は圧電素子の入力側の共振周波数と、その出力側の反共振周波数とが一致しないように入力調整用素子を設定する。

【0047】このため、第1の圧電トランスと同様に高負荷設置時であっても、圧電素子の出力インピーダンスの最大値を与える反共振周波数と、その入力インピーダンスの最小値を与える共振周波数とをずらすことができ、その最大昇圧比を与える駆動ポイントを従来例に比べて改善することが可能となる。これにより、高電圧発生可能な、高安定かつ高信頼度の圧電変成素子を提供すること、及び、それを応用した高周波電圧変換装置の提供に寄与するところ大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る圧電トランスの原理図である。

【図2】本発明の第1の実施例に係る圧電トランスの説明図である。

12

【図3】本発明の第2の実施例に係る圧電トランスの説明図(その1)である。

【図4】本発明の第2の実施例に係る圧電トランスの説明図(その2)である。

【図5】本発明の第3の実施例に係る圧電トランスの説明図である。

【図6】従来例に係る圧電トランスの説明図である。

【図7】従来例に係る問題点を説明する周波数特性図である。

10 【符号の説明】

11a, 11b, 12a, 12b, 14a, 14b, 15a, 15b…電極、

13, 16…圧電素子、

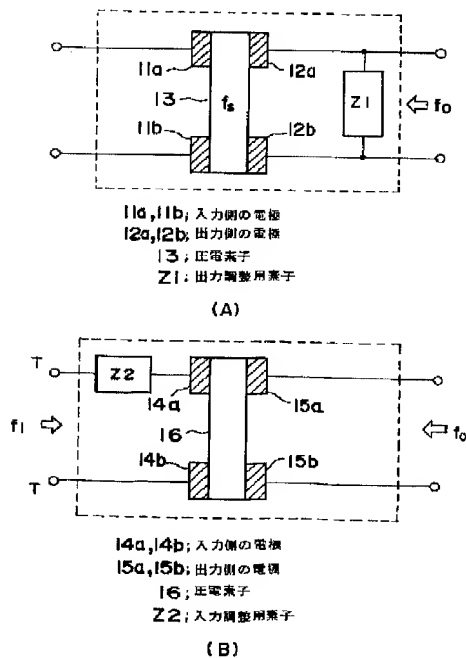
Z1…出力調整用素子、

Z2…入力調整用素子、

$f_0, f_i, f_s$ …共振周波数。

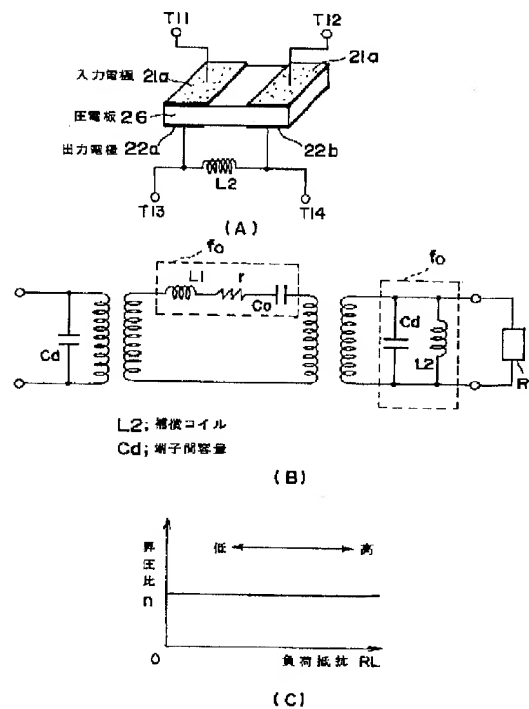
【図1】

本発明に係る圧電トランスの原理図



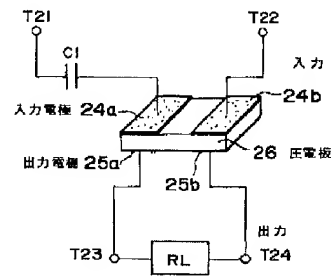
【図2】

本発明の第1の実施例に係る圧電トランスの説明図



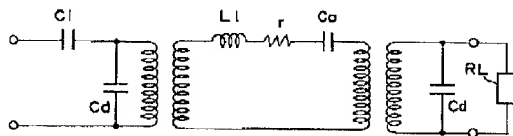
【図3】

本発明の第2の実施例に係る圧電トランスの説明図(その1)



C1: 補償コンデンサ

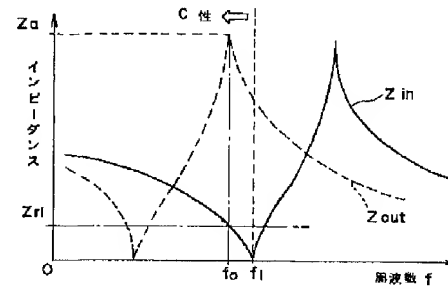
(A)



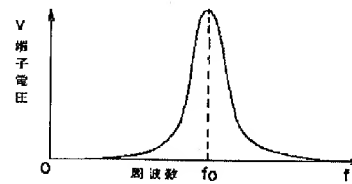
(B)

【図4】

本発明の第2の実施例に係る圧電トランスの説明図(その2)



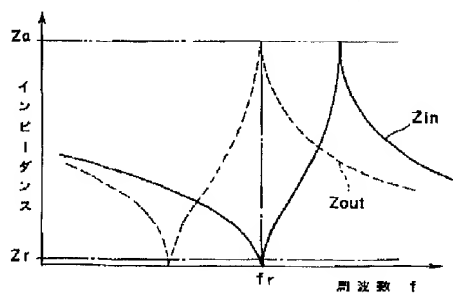
(A)



(B)

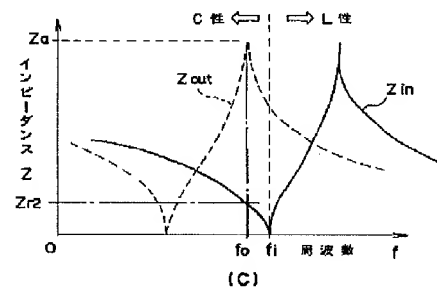
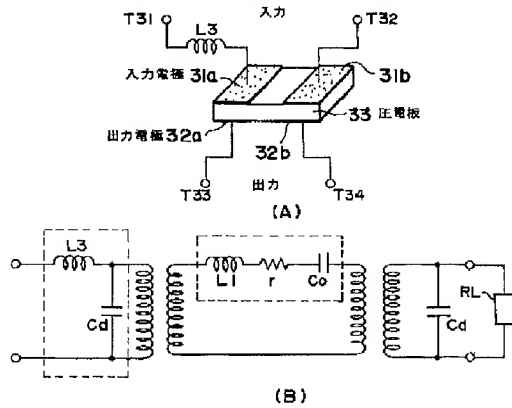
【図7】

従来例に係る問題点を説明する周波数特性図

 $Z_{in}$ : 入力インピーダンス特性 $Z_{out}$ : 出力インピーダンス特性

【図5】

本発明の第3の実施例に係る圧電トランスの説明図



【図6】

従来例に係る圧電トランスの説明図

